

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平8-41599

(43)公開日 平成8年(1996)2月13日

(51)Int.Cl. <sup>6</sup>	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
C 2 2 C 38/00	3 0 2 Z			
38/44				
38/50				

審査請求 未請求 請求項の数2 F D (全 7 頁)

(21)出願番号 特願平6-194755

(22)出願日 平成6年(1994)7月26日

(71)出願人 000002118

住友金属工業株式会社

大阪府大阪市中央区北浜4丁目5番33号

(72)発明者 森 友希

和歌山県和歌山市湊1850番地 住友金属工業株式会社和歌山製鉄所内

(72)発明者 植田 昌克

大阪府大阪市中央区北浜4丁目5番33号  
住友金属工業株式会社内

(72)発明者 近藤 邦夫

大阪府大阪市中央区北浜4丁目5番33号  
住友金属工業株式会社内

(74)代理人 弁理士 押田 良久

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 溶接部の耐食性が優れたマルテンサイト系ステンレス鋼

(57)【要約】

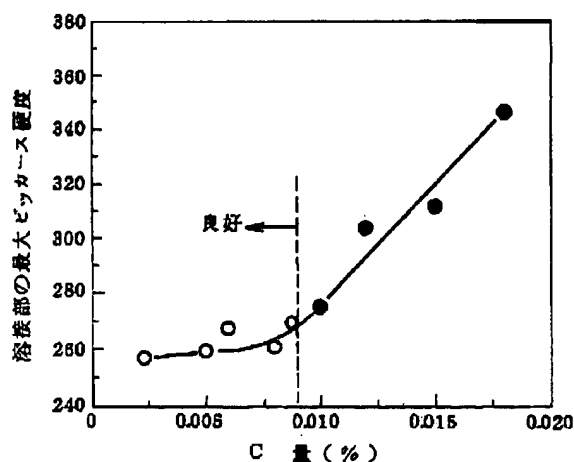
【目的】 マルテンサイト系ステンレス鋼の溶接部の硬度上昇を抑制して、優れた強度、靱性および耐応力腐食割れ性を付与する。

【構成】 C: 0.009%以下、Si: 1.0%以下、Mn: 1.0%以下、P: 0.04%以下、S: 0.005%以下、Cr: 9.0~15.0%、Mo: 1.5~7.0%、Ni: 4.0~8.0%、Al: 0.001~0.1%、N: 0.1%以下を含有し、かつ、

$$Cr(\%) + Mo(\%) \geq 11.0(\%)$$

$$30C(\%) + Ni(\%) - 1.1Cr(\%) - 1.1Mo(\%) \geq -10.5(\%)$$

を同時に満たし、残部がFeおよび不可避免的不純物からなる鋼。



1

## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 C:0.009%以下、Si:1.0%以下、Mn:1.0%以下、P:0.04%以下、S:0.005%以下、Cr:9.0~15.0%、Mo:1.5~7.0%、Ni:4.0~8.0%、Al:0.001~0.1%、N:0.1%以下を含有し、かつ、

$$Cr(\%) + Mo(\%) \geq 11.0(\%)$$

$$30C(\%) + Ni(\%) - 1.1Cr(\%) - 1.1Mo(\%) \geq -10.5(\%)$$

を同時に満たし、残部がFeおよび不可避的不純物からなる鋼組成を有することを特徴とする溶接部の耐食性が優れたマルテンサイト系ステンレス鋼。

【請求項2】 C:0.009%以下、Si:1.0%以下、Mn:1.0%以下、P:0.04%以下、S:0.005%以下、Cr:9.0~15.0%、Mo:1.5~7.0%、Ni:4.0~8.0%、Al:0.001~0.1%、N:0.1%以下、さらに、Ti:0.2%以下、Nb:0.2%以下、Zr:0.2%以下のうちの1種または2種以上を含有し、かつ、

$$Cr(\%) + Mo(\%) \geq 11.0(\%)$$

$$30C(\%) + Ni(\%) - 1.1Cr(\%) - 1.1Mo(\%) \geq -10.5(\%)$$

$$C(\%) - 12\{Ti(\%) / 48 + Zr(\%) / 91 + Nb(\%) / 93 - N(\%) / 14\} \leq 0(\%)$$

を同時に満たし、残部がFeおよび不可避的不純物からなる鋼組成を有することを特徴とする溶接部の耐食性が優れたマルテンサイト系ステンレス鋼。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】この発明は、溶接部の耐食性が優れたマルテンサイト系ステンレス鋼に関し、主として油田、ガス田から採取した原油あるいは天然ガスの輸送に使用されるラインパイプ用のマルテンサイト系ステンレス鋼に関するもので、特に炭酸ガス、硫化水素、塩素イオンなどの腐食性不純物を含む原油あるいは天然ガスのラインパイプとしての使用に適したマルテンサイト系ステンレス鋼に関する。

## 【0002】

【従来の技術】近年、油井、ガス井の開発は、原油価格の高騰や近い将来に予想される石油資源の枯渇化を目前にして、従来は顧みられなかったような深層油田や、一旦は開発が放棄されていたサワーガス田などが世界的規模で盛んに行われている。このような油井、ガス井は、一般に深度が極めて深く、また炭酸ガス、硫化水素、塩素イオンを含む原油あるいは天然ガスが増加しており、それにつれて原油あるいは天然ガス輸送用のラインパイプに対しても、高強度でしかも耐食性と耐応力腐食割れ性を兼ね備えた材質が要求される。

【0003】従来のラインパイプは、炭素鋼あるいは低

2

合金鋼を使用するのが一般的であったが、使用する環境が苛酷になるにつれて、合金元素を増加させた鋼が使用されるようになってきている。例えば、炭酸ガスを多く含有する環境では、Crの添加が耐食性を著しく向上させるので、油井用鋼管として広く使用されているCrを13%添加したSUS 420マルテンサイト系ステンレス鋼をラインパイプ用に使用した例もあるが、SUS 420マルテンサイト系ステンレス鋼は、周溶接によって溶接部が著しく硬化するため、溶接後の熱処理が必要となり、コストの上昇が著しく、かつ耐硫化物応力腐食割れ性が芳しくなく、その使用が制限されているのが実情である。このような炭酸ガスと硫化水素を同時に含む環境下においては、現状ではさらに合金元素を高めた二相ステンレス鋼やスーパー二相ステンレス鋼を用いざるを得ないが、合金元素の添加が多くなるのでコストの上昇が著しい。

【0004】また、高強度でしかも耐食性と耐応力腐食割れ性を兼ね備えた材質としては、C:0.02%以下、Si:0.50%以下、Mn:0.50~1.50%、S:0.005%以下、Cr:12~15%、Ni:3.5~6%、Mo:0.5~3%を含有し、残部がFeおよび不可避的不純物からなるマルテンサイト系ステンレス鋼（特開昭60-174859号公報）、C:0.05%以下、Si:1.0%以下、Mn:0.1~3.0%、P:0.04%以下、S:0.005%以下、Cr:15~19%、Ni:3.5~8.0%、Al:0.001~0.1%、N:0.1%以下、Mo:0.1~4.0%、残部はFeおよび不可避的不純物からなるマルテンサイト系ステンレス鋼（特開平2-243739号公報）、C:0.05%以下、Si:1.0%以下、Mn:0.5~3.0%、P:0.04%以下、S:0.005%以下、Cr:9.0~15%、Mo:0.1~7.0%、Ni:2~8%、Al:0.001~0.1%、N:0.1%以下、さらに、Ti:0.5%以下、Nb:0.5%以下、V:0.5%以下およびZr:0.5%以下のうちの1種または2種以上、残部はFeおよび不可避的不純物よりなり、かつ、

$$30Cr(\%) + 36Mo(\%) + 14Si(\%) - 28Ni(\%) \leq 455(\%)$$

$$21Cr(\%) + 25Mo(\%) + 17Si(\%) + 35Ni(\%) \leq 731(\%)$$

である鋼組成を有するマルテンサイト系ステンレス鋼（特開平2-243740号公報）、C:0.05%以下、Si:1.0%以下、Mn:0.5%未満、P:0.04%以下、S:0.002%以下、Cr:8~15%、Mo:1.5~7%、Ni:2~8%、Al:0.001~0.1%、N:0.1%以下、かつ、Cr+Mo $\geq$ 11.0(%)、

$$30Cr(\%) + 36Mo(\%) + 14Si(\%) - 2$$

3

$$8\text{Ni}(\%) \leq 45.5(\%)$$

$$21\text{Cr}(\%) + 25\text{Mo}(\%) + 17\text{Si}(\%) + 35\text{Ni}(\%) \leq 731(\%)$$

を同時に満足し、残部はFeおよび不可避的不純物からなる鋼組成を有するマルテンサイト系ステンレス鋼（特開平3-120337号公報）、C:0.05%超0.2%以下、Si:2%以下、Mn:2%以下、P:0.04%以下、S:0.01%以下、Cr:8%以上17%以下、Ni:2.5%超8%以下、Al:0.001%以上0.1%以下、N:0.1%以下、ただし、

$$30\text{Cr}(\%) + 14\text{Si}(\%) - 28\text{Ni}(\%) - 790[\text{C}(\%) + \text{N}(\%)] \leq 45.5(\%)$$

$$21\text{Cr}(\%) + 17\text{Si}(\%) + 35\text{Ni}(\%) + 910[\text{C}(\%) + \text{N}(\%)] \leq 731(\%)$$

残部Feおよび不可避的不純物からなる鋼組成を有するマルテンサイト系ステンレス鋼（特開平4-120249号公報）等多くの提案が行われている。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】前記特開昭60-174859号公報に開示のマルテンサイト系ステンレス鋼は、炭酸ガスのみを含む環境下では確かにCr、Moの添加によって耐食性が若干向上するが、炭酸ガス、硫化水素および塩素イオンなど腐食性不純物を多量に含有する極めて腐食性の高い環境では、十分な耐食性を有していないか、また、特にラインパイプに使用しようとする、溶接部の硬度上昇が著しく十分な耐食性を有することはできない。また、特開平2-243739号公報、特開平2-243740号公報、特開平3-120337号公報および特開平4-120249号公報に開示のマルテンサイト系ステンレス鋼は、炭酸ガス、硫化水素および塩素イオンなど腐食性不純物を多量に含有する極めて腐食性の高い環境での耐食性を改善でき、熱処理としては800~1000℃程度の焼入れままでも良好な耐食性を有するとなっている。しかしながら、これらのマルテンサイト系ステンレス鋼は、油井管用途として使用するならば何ら問題ないが、ラインパイプ用途として使用するには、周溶接が不可欠であり、溶接部近傍が1000~1400℃の高温となるため、著しく硬度が上昇し、応力腐食割れが発生してしまい、そのままではラインパイプには使用できないという問題点を有している。

【0006】この発明の目的は、ラインパイプ等の溶接施工を実施して使用する部材において、溶接部の硬度上昇を抑制して、優れた強度、靱性および硫化水素、炭酸ガス、塩素イオンを含有する腐食環境下での耐応力腐食割れ性を有するマルテンサイト系ステンレス鋼を提供することにある。

【0007】

【課題を解決するための手段】本発明者らは、上記目的を達成すべく炭酸ガス、硫化水素および塩素イオンを含

4

む環境下での耐応力腐食割れ性を中心とする耐食性に及ぼす合金元素の影響を調べるべく、各種の実験、検討を重ねた結果、Niを適正量添加した鋼では、上記環境下での耐食性が、(Cr+Mo)%量で整理でき、炭化物や窒化物になっていない有効Cr、Mo量を増加するためには、CおよびNの上限を規定すればよいこと、溶接部の硬度上昇を防止するには、Cの絶対量を著しく低下させることが絶対に不可欠であること、さらに工業的に安定した強度を得るためには、C、N量にみあうTi、Nb、Zrの添加が有効であること、溶接熱影響部の硬度上昇を抑えるためには、Ti、Nb、Zrの添加が有効であるとの知見を得た。さらに研究を重ねた結果、C量を従来レベルより極めて著しく低減させ、そのうえでTi、Nb、Zr等の炭窒化物安定元素を微量添加することによって、溶接熱影響のような高温（1000~1400℃）からの焼入れでさえも強度が安定化でき、今まで常識であったマルテンサイトの焼入れ、焼戻し処理を経ずして焼入れのままでも、適切な強度、靱性、耐食性が得られることを究明し、この発明に到達した。

【0008】すなわちこの発明は、C:0.009%以下、Si:1.0%以下、Mn:1.0%以下、P:0.04%以下、S:0.005%以下、Cr:9.0~15.0%、Mo:1.5~7.0%、Ni:4.0~8.0%、Al:0.001~0.1%、N:0.1%以下を含有し、かつ、

$$\text{Cr}(\%) + \text{Mo}(\%) \geq 11.0(\%)$$

$$30\text{C}(\%) + \text{Ni}(\%) - 1.1\text{Cr}(\%) - 1.1\text{Mo}(\%) \geq -10.5(\%)$$

を同時に満たし、残部がFeおよび不可避的不純物からなる鋼組成を有することを特徴とする溶接部の耐食性が優れたマルテンサイト系ステンレス鋼である。

【0009】また、この発明は、C:0.009%以下、Si:1.0%以下、Mn:1.0%以下、P:0.04%以下、S:0.005%以下、Cr:9.0~15.0%、Mo:1.5~7.0%、Ni:4.0~8.0%、Al:0.001~0.1%、N:0.1%以下、さらに、Ti:0.2%以下、Nb:0.2%以下、Zr:0.2%以下のうちの1種または2種以上を含有し、かつ、

$$\text{Cr}(\%) + \text{Mo}(\%) \geq 11.0(\%)$$

$$30\text{C}(\%) + \text{Ni}(\%) - 1.1\text{Cr}(\%) - 1.1\text{Mo}(\%) \geq -10.5(\%)$$

$$\text{C}(\%) - 12\{\text{Ti}(\%) / 48 + \text{Zr}(\%) / 91 + \text{Nb}(\%) / 93 - \text{N}(\%) / 14\} \leq 0(\%)$$

を同時に満たし、残部がFeおよび不可避的不純物からなる鋼組成を有することを特徴とするラインパイプ用マルテンサイト系ステンレス鋼である。

【0010】

【作用】この発明のマルテンサイト系ステンレス鋼は、従来マルテンサイト系ステンレス鋼の常識である焼入

5

れ、焼戻し処理をせず、圧延ままあるいは焼入れままでも強度バラツキが小さく、強度、靱性、耐食性に優れている。また、この発明のマルテンサイト系ステンレス鋼は、焼入れ時の強度バラツキが小さいことから、焼戻し処理後の強度コントロールも容易である。さらに、この発明のマルテンサイト系ステンレス鋼は、極低Cとすることによって溶接のような高い熱影響を受けても硬度上昇がなく、適切な強度、靱性、耐食性を得ることができる。

【0011】また、この発明のマルテンサイト系ステンレス鋼は、従来マルテンサイト系ステンレス鋼の常識である焼入れ、焼戻し処理をせず、圧延ままあるいは焼入れままでも強度バラツキが小さく、強度、靱性、耐食性に優れている。また、この発明のマルテンサイト系ステンレス鋼は、焼入れ時の強度バラツキが小さいことから、焼戻し処理後の強度コントロールも容易である。さらに、この発明のマルテンサイト系ステンレス鋼は、極低Cとすることによって溶接のような高い熱影響を受けても硬度上昇がなく、さらに、Ti、Nb、Zrの添加によって低温熱影響部でも硬度上昇が抑制され、より適切な強度、靱性、耐食性を得ることができる。

【0012】次にこの発明において鋼の化学成分を限定した理由を詳述する。Cはこの発明の重要な元素であって、図1に示すとおり、0.009%を超えるとラインパイプとして使用する際必須となる溶接施工時にその熱影響部が著しく硬くなり、靱性、耐食性を劣化させるため、0.009%以下とした。Siは通常の製鋼過程で脱酸剤として必要であるが、1.0%を超えると靱性が低下するので、1.0%以下とした。Mnは強度を上昇させる元素であるが、靱性を低下させる作用を有するので、靱性向上のためには少ない方が望ましく、強度と靱性とを共に適切なレベルに保持させるため、1.0%以下とした。Pは低ければ低いほど靱性が向上するが、0.04%を超えると著しく靱性が低下するため、0.04%以下とした。Sは熱間加工性の観点からすれば少なければ少ないほど好ましいが、脱硫コストとの兼ね合いから、0.005%以下とした。

$$30C(\%) + Ni(\%) - 1.1Cr(\%) - 1.1Mo(\%) \geq -1 \\ 0.5(\%) \dots\dots\dots \text{式(1)}$$

$$C(\%) - 12\{Ti(\%) / 48 + Zr(\%) / 91 + Nb(\%) / 9 \\ 3 - N(\%) / 14\} \leq 0(\%) \dots\dots \text{式(2)}$$

この発明の対象鋼を容易に熱間成形するためには、高温でオーステナイト単相であることが望ましく、通常の加熱温度である900~1250℃でオーステナイト単相となり、冷却すればマルテンサイト鋼に変態することが必要である。高温でδフェライトが生成せずにオーステナイト単相状態で熱間成形するためには、上記式(1)を満足する必要がある。また、この発明の対象鋼種は、ラインパイプ用等溶接施工が必要であるので優れた強度、靱性、耐食性を確保するうえで、溶接部の安定した

6

\*【0013】Crは耐食性皮膜を形成するためには9.0%以上の添加が必要であるが、15%を超えるとMoとの相乗効果によってフェライトが生成し易くなり、強度が低下するため、9.0~15%とした。Moは硫化水素に対する耐食性向上に著しい効果を有するが、1.5%未満では十分な効果が得られず、7%を超えるとCrとの相乗効果によってフェライトが生成し易くなり、強度が低下するため、1.5~7.0%とした。特にMoは溶接熱影響部の耐食性の改善効果が著しく、2.0%以上の添加が好ましい。Niは必要な強度、耐食性、熱間加工性を得るために添加するが、4.0%未満ではCr、Moとのバランス上その効果が十分でないばかりか逆に低下し、8.0%を超えるとその効果が飽和するばかりでなく、コスト上昇を招くため、4.0~8.0%とした。Alは通常の製鋼過程で脱酸剤として必要であるが、0.001%未満ではその効果が得られず、0.1%を超えると鋼中介在物が多くなり、耐食性を劣化させるので、0.001~0.1%とした。Nは0.1%を超えると強度が上昇し過ぎて硫化物応力腐食割れ感受性が高くなり、耐食性の面からも少ない方が好ましく、望ましくは0.02%以下である。

【0014】Ti、Nb、Zrは本願第2発明の重要な元素であって、高温の熱間加工時や溶体化時にCやNと化合物を生成し、鋼中のフリーなC、N量をコントロールする作用があり、溶接施工時の熱影響を受けても硬度上昇を抑制することができるが、CとNとの兼ね合いで0.2%を超えるとその効果が飽和するばかりでなく、逆にNi等の元素と化合物を生成して硬くなるので、0.2%以下とした。Cr(%) + Mo(%)が11.0%未満では耐応力腐食割れ性が十分ではなく、11.0%以上必要で、好ましくは14.0%以上で多ければ多いほど耐応力腐食割れ性が向上するが、添加し過ぎるとフェライトが生成し易くなり、強度が低下するばかりでなく、コスト上昇を招くため、22.0%を超えることはない。

【0015】さらに、この発明における鋼組成は、次の式(1)、式(2)を満足しなければならない。

$$30C(\%) + Ni(\%) - 1.1Cr(\%) - 1.1Mo(\%) \geq -1$$

$$0.5(\%) \dots\dots\dots \text{式(1)}$$

$$C(\%) - 12\{Ti(\%) / 48 + Zr(\%) / 91 + Nb(\%) / 9 \\ 3 - N(\%) / 14\} \leq 0(\%) \dots\dots \text{式(2)}$$

硬度が必要であり、溶接部の熱影響部は極低Cとすることにより達成し、さらに、熱間加工時および溶体化時にフリーなCを安定化させる元素として、Ti、Nb、Zrを添加することにより安定した硬度を達成するためには、上記式(2)を満足することが必須である。

【0016】

【実施例】表1に示す鋼No. 1~18を溶製し、それぞれ熱間圧延して板厚8mmの板材とした。次いで所定の温度で熱処理を行ったのち、各板材にV開先加工を施

し、全層TIG溶接を実施し、溶接部の降伏強度、微小硬度、靱性、硫化物応力腐食割れ性について試験を行った。引張試験は、厚さ4mm、平行部の長さ34mmの引張試験片を板材から切出し、JIS Z2241金属材料引張試験方法の規定に準じて降伏強度を測定した。微小硬度試験は、JIS B7734の微小硬度試験機を用い、図2に示すとおり、試験片1の肉厚方向の中央部を、JIS Z2244ピッカース硬さ試験方法の規定に準じ、試験荷重9.807Nでピッカース硬さを0.5mmピッチで測定し、その最大値で評価した。なお、2は溶接部、3は測定点を示す。靱性は、寸法が10mm×5mm×5.5mmである2mmVノッチのシャルピー試験片を切出し、JIS B7722に規定のシャルピー衝撃試験機を用い、JIS Z2242金属材料衝撃試験方法に準じて測定したシャルピー衝撃値で評価した。硫化物応力腐食割れ性は、図3に示すとおり、厚さT=2mm、幅W=10mm、長さL=75mmの\*

\*4点曲げ試験片11を2個作製し、次いで図4(a)に示すように試験片11を曲げ治具12の上面の二支点(間隔60mm)と曲げ機構13の下面二支点(間隔10mm)によって、 $\sigma = Ety \{2/3L_1^2 + L_1L_2 + 1/4L_2^2\}^{-1}$ によって表される応力が $1\sigma_y$ ( $\sigma_y$ :0.2%耐力)になるように曲げ応力を付した状態で行った。なお、式中のEはヤング率を示す。この時の試験片11の曲げ形状は、図3(b)に示すとおりであった。試験環境は、5%NaCl+0.01atmH<sub>2</sub>S+30atmCO<sub>2</sub>、25℃とし、試験片を366時間浸漬したのち取出し、肉眼による外観観察および光学顕微鏡観察によって割れの有無を調査した。これらの試験結果は、表2にまとめて示す。なお、表2中の硫化物応力腐食割れ欄において「〇〇」とあるのは2個共に割れなし、「××」とあるのは2個共に割れ発生を示す。

【0017】

【表1】

	鋼 No.	化 学 成 分 (%)															
		C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Mo	Al	N	Ti	Nb	Zr	☆X	☆Y	☆Z
本 発 明 例	1	0.003	0.48	0.66	0.02	0.001	12.9	6.7	2.2	0.008	0.008	-	-	-	15.1	-9.83	-
	2	0.008	0.55	0.29	0.01	0.001	11.2	4.5	1.8	0.013	0.002	-	-	-	13.0	-9.56	-
	3	0.006	0.23	0.50	0.02	0.001	14.1	7.8	2.4	0.035	0.009	-	-	-	16.5	-10.17	-
	4	0.006	0.45	0.44	0.01	0.001	12.2	5.2	2.1	0.022	0.008	-	-	-	14.3	-9.35	-
	5	0.005	0.20	0.30	0.02	0.001	12.1	6.1	2.6	0.032	0.007	0.09	-	-	14.7	-9.92	-0.012
	6	0.006	0.23	0.31	0.01	0.001	12.2	5.8	2.2	0.022	0.007	-	-	0.12	14.4	-9.86	-0.004
	7	0.009	0.45	0.48	0.02	0.002	11.3	4.9	2.4	0.011	0.004	0.05	0.05	-	13.7	-9.90	-0.007
	8	0.009	0.37	0.24	0.03	0.003	11.0	5.8	2.0	0.025	0.011	-	0.03	0.09	13.0	-8.23	-0.004
	9	0.005	0.58	0.24	0.02	0.002	14.5	7.8	1.6	0.004	0.008	-	0.14	-	16.1	-9.76	-0.006
	10	0.005	0.32	0.58	0.02	0.001	12.5	6.5	2.4	0.022	0.005	0.04	0.05	0.05	14.9	-9.74	-0.014
	11	0.005	0.33	0.64	0.02	0.001	11.9	5.8	1.9	0.024	0.005	0.08	-	-	13.8	-9.23	-0.011
	12	0.004	0.41	0.19	0.02	0.001	10.2	5.2	3.4	0.007	0.004	0.07	-	-	13.8	-9.26	-0.012
比 較 例	13	0.060*	0.50	0.41	0.02	0.002	16.2*	4.3	-*	0.008	0.009	0.04	0.31	-	16.2	-11.72*	0.018*
	14	0.005	0.24	1.23*	0.02	0.002	13.1	2.1*	1.1*	0.005	0.007	0.06	-	-	14.2	-13.37*	-0.004
	15	0.220*	0.43	0.54	0.02	0.002	9.1	0.1*	1.1*	0.024	0.008	-	-	-	10.2	-4.52	0.225*
	16	0.006	0.45	0.59	0.02	0.002	12.5	5.5	1.7	0.008	0.004	0.25*	-	-	14.2	-9.94	-0.053
	17	0.018*	0.30	0.45	0.02	0.001	11.8	4.1	2.2	0.023	0.005	0.05	0.07	0	14.0	-10.91*	-0.004
	18	0.018*	0.32	0.55	0.01	0.001	12.3	6.1	2.1	0.033	0.005	0.08	0	0	14.4	-9.20	0.002*

\*: 本発明範囲外

☆X=Cr(%) + Mo(%)

☆Y=30C(%) + Ni(%) - 1.1Cr(%) - 1.1Mo(%)

☆Z=C(%) - 12[Ti(%) / 48 + Zr(%) / 91 + Nb(%) / 93 - N(%) / 14]

【0018】

【表2】

	鋼No.	引張強度 (MPa)	最高硬度 (HV1)	衝撃値 (J/cm <sup>2</sup> )	応力腐食割れ 試験結果
本 発 明 例	1	803	282	244	〇〇
	2	766	265	241	〇〇
	3	895	283	259	〇〇
	4	878	278	240	〇〇
	5	840	265	220	〇〇
	6	823	260	250	〇〇
	7	891	280	218	〇〇
	8	872	274	234	〇〇
	9	791	247	251	〇〇
	10	859	270	276	〇〇
	11	847	284	235	〇〇
	12	833	259	232	〇〇
比 較 例	13	1154	402	24	××
	14	775	261	218	××
	15	1325	451	34	××
	16	942	330	220	××
	17	921	310	254	××
	18	1025	357	241	××

【0019】表1および表2に示すとおり、この発明の組成範囲以外の鋼No. 13～18の比較鋼においては、いずれも硫化水素0.01atmの環境下においても応力腐食割れを生じている。比較鋼の鋼No. 13、14、15は、Mo含有量が未添加もしくは不足しており、応力腐食割れを生じている。また、比較鋼の鋼No. 17、18は、従来低Cと呼ばれていたレベルであるが、溶接熱影響による硬度上昇を考えるとまだまだC含有率が高く、応力腐食割れが発生している。比較鋼の鋼No. 16は、Ti、Nb、Zrの添加量が多すぎるため、Ni等との化合物が生成して硬化し、応力腐食割れが発生している。これに対しこの発明鋼の鋼No. 1～12は、いずれも溶接部の硬度上昇が抑制され、耐応力腐食割れ性が改善されて応力腐食割れが発生しておらず、しかも、強度、靱性に優れている。

#### 【0020】

【発明の効果】以上述べたとおり、この発明のマルテンサイト系ステンレス鋼は、ラインパイプ等として使用する際に必須となる溶接部の熱影響による硬度上昇を防止でき、硫化水素、炭酸ガス、塩素イオンを含有する苛酷

な環境下においても満足できる耐食性を具備し、かつ、強度、靱性共に優れており、溶接をして使用するマルテンサイト系ステンレス鋼部材として十分に使用できる。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】マルテンサイト系ステンレス鋼中のC含有量を変化させた場合の溶接部の最大硬度と応力腐食割れの発生状況を示すグラフである。

【図2】実施例で用いた溶接部の硬度測定位置を示す説明図である。

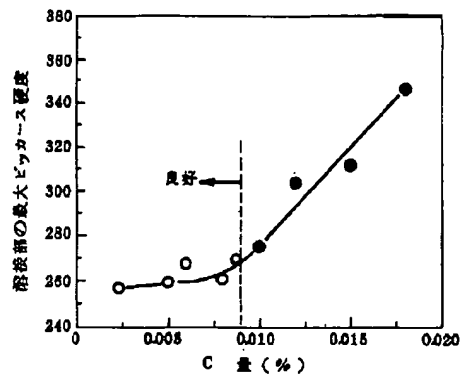
【図3】実施例で用いた4点曲げ試験片の形状を示す斜視図である。

【図4】曲げ治具を使った試験片の応力付加状態を示すもので、(a)図は試験片を曲げ治具にセットした状態図、(b)図は応力付加状態の試験片の説明図である。

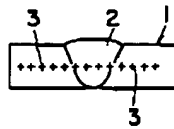
#### 【符号の説明】

- 1、11 試験片
- 2 溶接部
- 3 測定点
- 12 曲げ治具
- 13 曲げ機構

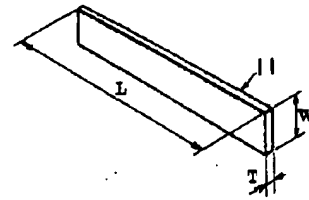
【図1】



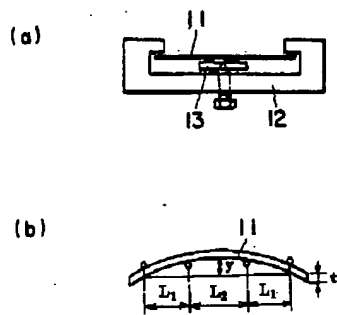
【図2】



【図3】



【図4】



フロントページの続き

(72)発明者 小川 和博  
大阪府大阪市中央区北浜4丁目5番33号  
住友金属工業株式会社内